

## ГЕНОТИП X СРЕДА ЕФЕКТИ ВЪРХУ ПРИЗНАЦИТЕ НА ПРОДУКТИВНОСТТА НА ОБИКНОВЕНА ПШЕНИЦА. I. ПРИРОДА НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕТО

Николай Ценов<sup>1,2</sup>, Добринка Атанасова<sup>1</sup>, Тодор Губатов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Добруджански земеделски институт, 9520, България

<sup>2</sup>Агроном I Холдинг, Добрич, 9300, България

### Резюме

Целта на изследването е да се проучи промяната на добива зърно на група сортове в полски условия, посредством реалните изменения на неговите основни признаци и взаимодействието между тях на фона на различни условия на средата. За постигане на поставената цел са изследвани 27 районирани сорта от различни групи по качество, в няколко характерни пункта за производство на зърно на Северна и Южна България. Изследвани са общо 6 признака, както следва: брой продуктивни стъбла на м<sup>2</sup> (БПБ/м<sup>2</sup>); броя на зърната в клас (БЗК); масата на 1000 зърна (МХЗ), теглото на зърното от клас (ТЗК), брой на зърната на м<sup>2</sup> (БЗ/м<sup>2</sup>) и добива зърно (ДЗ). След статистическа обработка на резултатите, някои от признаците са изключени (ТЗК) и (БЗ/м<sup>2</sup>), поради това, че са резултативни от проявата на други признаци. На детайлен анализ са подложени само пряко влияещите на продуктивността признаци. Взаимодействието генотип x условия на отглеждане е достоверно високо само при добива зърно. При другите изследвани признаци е налице взаимодействие между сорта и пункта на изследване. Анализираният признаци се различават по своята реакция на промяна на условията на средата, като само признакът брой зърна в клас има адекватна на промените реакция (линеен тип). Корелациите между изследваните признаци в голяма степен потвърждават установени вече закономерности. Проверени са някои интересни хипотези, касаещи преодоляване на негативни и засилване на позитивни корелации между признаците. Установено е, че добивът зърно и основните негови компоненти, показват силно взаимодействие с факторите пункт и генотип, а условията на сезона влияят само върху ДЗ. Промяната на признаците при изменение на условията имат подчертано нелинеен характер, с изключение на признака брой зърна в клас. Този признак при всички възможни условия на изведените опити определя в най-силна степен нивото на добива зърно. Най-висок добив зърно в този опит е в резултат на съчетание между признаците БПБ и БЗК, докато едрината на зърното няма съществено влияние. Съществуващите корелативни връзки между добива зърно и основните негови елементи, сочат, че той е възможно да бъде повишен, чрез селекция, главно чрез компромисно съчетание между признаците БПБ и БЗК, при съхраняване на съществуващото ниво на МХЗ.

**Ключови думи:** пшеница, добив зърно, взаимодействие генотип x среда, компоненти на продуктивност

### Abstract

*Tsenov, N., D. Atanasova, T. Gubатов, 2013. Genotype x environment effects on the productivity traits of common wheat. I. Nature of interaction.*

The aims are to investigate the change of grain yield in a group of varieties in real field conditions by actual changes in its main traits and their interaction on the background of different environments. To achieve the set target, 27 varieties of different quality groups, were studied under several locations for grain production of northern and southern Bulgaria. A total 6 traits as follows: Number of productive tillers per m<sup>2</sup> (NPT/m<sup>2</sup>) the number of grains per spike (NGS), a 1000 grains weight (TGW), the weight of the grain per spike (WGS) , number of grains per m<sup>2</sup> (NG/m<sup>2</sup> ) and grain yield (GY) were analyzed. After statistical processing of the results obtained, some of the traits were turned off (WGS) and (NG/m<sup>2</sup>), because it is consequential on the occurrence of other traits. Detailed analysis was subjected only on directly affecting traits of productivity. It was found that the interaction of genotype x growing conditions is reliable high only for grain yield. For other traits, there is evidence for interaction between the variety locations. Analyzed traits differ in their response to changing environmental conditions, only the traits number of grains per spike has an adequate reaction to changes (linear type). Correlations between the studied traits in broadly confirm already established investigations. Some interesting hypotheses regarding overcoming negative and enhancing positive correlations between the traits were checked. Grain yield and its main components show a strong interaction with factors location and genotype, and the conditions of the season affect only GY. The change of the characteristics of the environmental conditions has markedly non-linear, with the exception of the number of grains per spike. This trait, under all conditions of experiments, formed the strongest degree level of grain yield in varieties. The highest grain yield in this experiment is the result of a combination of signs and NPT and NGS while grain size has no significant influence. Existing correlation between grain yield and its main elements indicate that it is possible to be promoted by breeding, mainly through compromise combination of traits as NPT and NGS, while maintaining the existing level of TGW.

**Key words:** wheat grain yield, genotype x environment interaction, components of productivity

## УВОД

Успешното внедряване и използване на всеки сорт пшеница в производството е свързано с неговото поведение в различни условия на средата. Поради тази проста причина, събирането на информация за факторите, влияещи на реакцията на генотипа в реални полски условия е винаги актуална (Van Ittersum et al. 2013). Това превръща изследванията на причините, влияещи на посоката и величината на взаимодействието генотип x среда изключително важно при селекцията на тази култура (Tadesse et al. 2010). За производството е изключително важно добивът и качеството, които са основните параметри на търговия с добитото зърно, да са на най-високото възможно ниво, според условията на средата (Tsenov et al. 2011b). Проучванията на Purchase (1997) и Annicchiarico (2002) показват категорично, че анализът на взаимодействието генотип-среда е много важен и за правилно определяне на екотиотипа за региона (Mondal, et al. 2013, De Vita et al. 2010), за оценка на комбинативната способност на родителски компоненти за кръстосване (Yan and Hunt 2002) и коректното райониране на

най-подходящ за различни райони сорт (Hagos and Abay, 2013, Arain et al. 2011). Подобно поведение на сорта изразява неговата стабилност, но на практика важна е пластичността му, която е в резултат на сложните му взаимодействия с условията на отглеждане. Това важи за пролетната (Ferney et al. 2006) и особено за зимната пшеница, която е подложена значително по-дълго време на влиянието на средата (Sharma et al. 2010).

Колкото факторите на средата (година, пункт, посевна норма, срок на сеитба и пр.) са повече, толкова по-сложна и многопластова е картината на взаимодействие, което е невъзможно да бъде анализирано чрез един подход за оценка. В литературата изобилства от изследвания върху множество подходи за коректна оценка на стабилността и пластичността на групи сортове (Pacheco et al. 2005, Chapman, 2008, Slafer et al. 2014).

Голям проблем при проучване на влиянието на средата върху генотипа при добива зърно е наличието на сложно и непредвидимо взаимодействие, особено при използване на контрастни условия на средата (суша, поливане, надморска височина), (Mondal et al. 2010, Acuna et al. 2011). Въпреки, че се прилагат множество статистически модели, адаптивността на даден сорт трудно би могла да бъде идентифицирана на фона на групата при подобни условия (Tsenov et al. 2008, Tsenov et al. 2013a), въпреки че това е най-важната част от дадено проучване. Редица автори считат, че повишаването на добива зърно по принцип е свързано с ниска стабилност и пластичност (Mustatea et al. 2009), независимо, че има информация за реални възможности от подобно комбиниране (Aminzadeh, 2010, Tsenov et al. 2011a, Chamurliiski & Tsenov, 2013).

В тази връзка зачестяват опитите за анализ на влиянието на компонентите на продуктивността или други агрономически признаци (височина на стъблото, дата на изкласяване и други) върху добива зърно на сорта, от гледна точка на адаптивността (Eid, 2009, Bustos et al. 2013). На фона на изследвания на реакцията на сорта по добив зърно се провеждат допълнителни анализи, които са насочени към установяване на конкретните корелации между признаците, които го определят (Yagdi, 2009, Anderson et al. 2011). Според натрупаната информация в тази връзка почти всеки един от компоненти на добива може да обясни донякъде реакцията на сорта, в пряка зависимост от биотипа на пшеницата и условията на отглеждане. Независимо от тези факти, редица автори се обединяват в твърденията си за силното влияние на признаците брой зърна в клас и продуктивната братимост върху реакцията на генотипа спрямо средата (Dodig et al, 2008, Gaju et al. 2009). Slafer et al, (2014) съобщават, че разликите в добива зърно се дължат на броя на зърната на единица площ, който е се влияе най-силно от броя на зърната в клас. Те считат, че осезаемо повишаване на добива зърно на фона на адаптивността на пшеницата става именно чрез компромисно съчетаване между броя на зърна в клас с едрината им и продуктивната братимост. Ролята на броя на зърната в клас в адаптивната способност на генотипа се подчертава в изследванията на Bancal (2008) и Drescher et al (2009), които установяват, че признакът не конкурира сериозно процесите на растеж и развитие на културата, което е изключително важно. За нашият „дунавски” биотип, при който добивът се влияе най-силно от броя на зърната в клас (Tsenov et al. 2009, Tsenov et al. 2011a) един допълнителен анализ на прякото

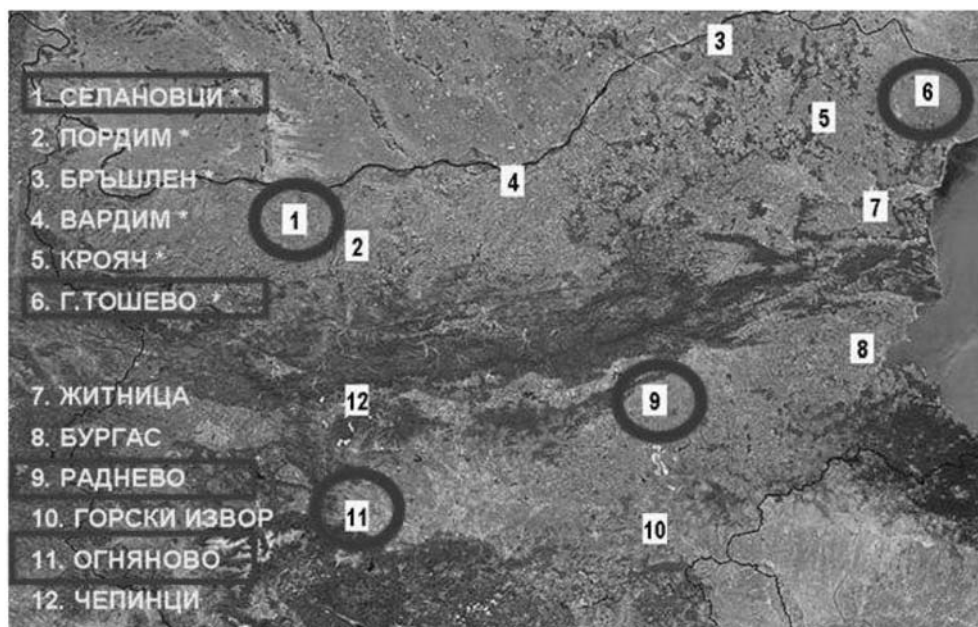
влияние на признаците формиращи добива, би бил полезен за определяне на конкретната приспособимост на даден сорт.

Целта на настоящото проучване е да се анализира промяната на добива на група сортове в характерни за производство на зърно условия в България, чрез реалната промяна на неговите основни компоненти.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Основният акцент на проучването е изучаване на фенотипното вариране на добива зърно, както и измененията на всички признаци, влияещи на екологичната пластичност и стабилност на всеки сорт. Всеки генотип в различна екологична среда (пункт или сезон) има различното поведение, което само чрез добива зърно трудно може да бъде обяснена неговата приспособимост. Това е основната причина за детайлен анализ на признаците, свързани пряко с добива зърно. Освен това в различни изследвания е събрана информацията относно достоверното взаимодействие на тези признаци с условията на отглеждане (Tsenov et al. 2013b), както и за съществуващите положителни корелации с добива зърно (Ivanova and Tsenov, 2011, Ценов и кол., 2012).

Цялото проучване включва 12 пункта на изпитване за период от 5 последователни години (2006-2010) (Фигура 1). Изследвани са 27 сорта зимна пшеница подбрани така, че да има представители на всяка група по качество, според Официалната сортава листа на полските култури на Република България, с произход от всички селекционни центове или семе-



Фигура 1. Пространствено представяне на пунктовете за изследване на територията на страната

Figure 1. Representation of locations of study in the country

нарски къщи у нас. В това изследване са представени данни, включващи три години 2006-2008, в четири (4) пункта на страната, характеризиращи се с различни условия на средата и са в характерни за зърнопроизводството райони (Таблица 1).

Таблица 1. Информация за координатите и почвения тип на пунктовете на проучването  
Table 1. Information about the localization and soils types of research locations used

| Код, code | Пункт, Location  | Координати, Coordinates |         | Над. височина, Altitude, m | Почвен тип, Soil type                          |
|-----------|--|-------------------------|---------|----------------------------|--|
| СЛ, SL    | Селановци, обл. Враца, Selanovtsi, District Vratsa             | N43°40'                 | E24°01' | 168                        | Карнобатен чернозем, Carbonate chernozem       |
| ГТ, GT    | Генерал Тошево, обл. Добрич, General Toshevo, District Dobrich | N43°43'                 | E28°10' | 250                        | Излужен чернозем Haplustoll                    |
| РА, RA    | Раднево, обл. Стара Загора, Radnevo, District Stara Zagora     | N42°18'                 | E25°58' | 135                        | Излужен чернозем смолник, Haplustoll Vertisols |
| ОГ, OG    | Огняново, обл. Пазарджик, Ognyanovo, District Pazardzhik       | N42°09'                 | E24°22' | 206                        | Алувиално ливадна Alluvial meadow              |

Методиката на провеждане на опитите, както и статистическите подходи за анализ на взаимодействието «генотип×среда», е описана в детайли в публикацията на Tsenov and Atanasova (2013). Добивът зърно е отчитан в пълна зрелост на културата, а компонентите на продуктивността са определени от зърното получено от метровки от всяко едно на 3-те повторения на заложените опити. Изследвани са общо 6 признака, както следва: брой продуктивни стъбла на м<sup>2</sup> (БПБ/м<sup>2</sup>); броя на зърната в клас (БЗК); масата на 1000 зърна (МХЗ), теглото на зърното от клас (ТЗК), брой на зърната на м<sup>2</sup> (БЗ/м<sup>2</sup>) и добива зърно (ДЗ). След статистическа обработка на резултатите, някои от признаците са изключени (ТЗК) и (БЗ/м<sup>2</sup>), поради това, че са резултативни от проявата на други признаци. На детайлен анализ за подложени само пряко влияещите на продуктивността признаци: БПБ/м<sup>2</sup>, БЗК и МХЗ, като последният също е изключен в някои от анализите, поради липсата на достоверна корелация с добива.

Данните от опитите са обработени с помощта на няколко статистически програми (Statistica 7, IBM SPSS Statistics 19, Stat Plus 9), чрез които са анализирани дескриптивните параметри, принципния компонентен анализ (РСА), изчислени са корелациите и вариансите по години и пунктове на изпитване. На фона на изследваните места е представено варирането и взаимодействието на признаците БПБ/м<sup>2</sup>, БЗК и на ДЗ.

## РЕЗУЛТАТИ

При добива зърно сложното взаимодействие на генотипа с всички възможни комбинации от фактори е достоверно (Таблица 2). Относително най-силно е влиянието сезона и мястото на опитите. Ролята на генотипа също е съществена. Всичко това е доказателство за наличие на реална предпоставка за коректен анализ на промяната на добива зърно, следствие на взаимодействие между отделните признаци на продуктивността. При признаците БЗК, БПБ, МХЗ и ТЗК е налице влияние на пункта на изпитване, сорта и взаимодействията между тези два фактора. Ефектът на го-

Таблица 2. Многофакторен анализ на вариансите на признаците на продуктивността  
Table 2. Multifactor ANOVA for traits of productivity

| Източник,<br>Source | d.f. | ДЗ, GY         |               | ТЗК, WGS      |               | БЗК, NKS      |               | БПБ, NPT     |               | МЗХ, TKW      |               |
|---------------------|------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
|                     |      | F              | p-value       | F             | p-value       | F             | p-value       | F            | p-value       | F             | p-value       |
| A:Location          | 3    | <b>1487,61</b> | <b>0,0000</b> | <b>116,17</b> | <b>0,0000</b> | <b>200,64</b> | <b>0,0000</b> | <b>73,28</b> | <b>0,0000</b> | <b>473,35</b> | <b>0,0000</b> |
| B:Year              | 2    | <b>5568,42</b> | <b>0,0000</b> | 2,91          | 0,0560        | 2,64          | 0,0731        | 2,28         | 0,1037        | 1,62          | 0,2004        |
| C:Variety           | 26   | <b>25,92</b>   | <b>0,0000</b> | <b>39,42</b>  | <b>0,0000</b> | <b>24,99</b>  | <b>0,0000</b> | <b>1,95</b>  | <b>0,0044</b> | <b>12,63</b>  | <b>0,0000</b> |
| A*B                 | 6    | <b>502,58</b>  | <b>0,0000</b> | 0,95          | 0,4610        | 0,93          | 0,4707        | 1,02         | 0,4107        | 0,22          | 0,9705        |
| A*C                 | 78   | <b>8,69</b>    | <b>0,0000</b> | <b>3,80</b>   | <b>0,0000</b> | <b>5,35</b>   | <b>0,0000</b> | <b>1,49</b>  | <b>0,0093</b> | <b>4,44</b>   | <b>0,0000</b> |
| B*C                 | 52   | <b>7,28</b>    | <b>0,0000</b> | <b>1,40</b>   | <b>0,0428</b> | <b>2,50</b>   | <b>0,0000</b> | <b>1,52</b>  | <b>0,0172</b> | <b>3,08</b>   | <b>0,0000</b> |
| A*B*C               | 156  | <b>8,03</b>    | <b>0,0000</b> | 0,92          | 0,7170        | 1,05          | 0,3651        | 0,95         | 0,6270        | 0,50          | 1,0000        |

Стойностите в удебелен шрифт са значими при ниво алфа = 0,05;  
Values in bold are significant at level alpha=0,05

дината като фактор не е достоверен при изследваните признаци, освен за самия добив зърно. Rane et al. (2007) установяват подобно поведение на признаците в условията на топлинен стрес през вегетацията на пшеницата в Индия. В тяхното изследване обаче отсъства взаимодействие между факторите при признака ТЗК, докато при БЗК, БПБ и МЗХ, взаимодействието между факторите е достоверно на всички възможни нива. При подобно изследване на 20 сорта, които са част от 27-те в това изследване, през периода 2004-2007г., Tsenov et al. (2008) установяват наличие на осезаемо взаимодействие между пункта, годината и генотипа при същите тези признаци, но с тази разлика, че пунктовете са само два и следователно варирането е по-слабо. Наличието на вариране при признаците, особено по отношение на факторите пункт и генотип е указание за съществено им влияние върху проявата на компонентите на продуктивност. За да се сведат данните до влияние на основните признаци – БПБ, БЗК и МЗХ, което е най-правилно от гледна точка на коректност на анализа, признака ТЗК в повече от случаите е изключен от дискусията, въпреки че неговото влияние върху добива зърно е съществено.

Доказателство за наблюдаваното вариране на признаците по пунктове са данните в Таблица 3. Най-променлив е признакът ДЗ, стойностите на който са достоверно различни във всеки един изследван пункт. Очертават се два „благоприятни“ за добива пункта – Генерал Тошево (8.14) и Огняново (7.00) и два „неблагоприятни“, съответно – Селановци (6,28), и Раднево (5,89). Важното в случая е да са отбележи, че имаме благоприятни

Таблица 3. Обобщени статистически данни за признаците  
чрез множествено сравнение на пунктовете  
Table 3. Summary statistics for traits and Multiple pairwise comparisons  
by the Dunn's procedure of locations

| Пункт,<br>Location | ДЗ, GY         |                              | БЗК, NKS       |                              | БПБ, NPT       |                              | МЗХ, TGW       |                              |
|--------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|------------------------------|
|                    | Средно<br>Mean | Достоверност<br>Significance | Средно<br>Mean | Достоверност<br>Significance | Средно<br>Mean | Достоверност<br>Significance | Средно<br>Mean | Достоверност<br>Significance |
| СЛ, SL             | 6.289          | b                            | 26.6           | a                            | 584            | a                            | 40.3           | b                            |
| ГТ, GT             | 8.142          | d                            | 28.6           | b                            | 684            | b                            | 42.6           | c                            |
| РА, RA             | 5.895          | a*                           | 20.2           | c                            | 672            | b                            | 43.6           | c                            |
| ОГ, OG             | 7.002          | c                            | 32.0           | d**                          | 695            | b                            | 32.3           | a                            |

\* а е най-ниската средна стойност, а is the lower mean; \*\* d – най-високата средна стойност,  
d is the highest mean

условия, както в Северна (ГТ), така и в Южна България (ГО) и обратно. Аналогични на тези са резултатите за тези пунктове в съобщението на Tsenov et al. (2006), с тази разлика че в пунктове СЛ и ГТ добивите са малко по-близки по средна стойност. При признака БЗК също са налице съществени разлики между пунктовете, които попадат в четири групи по достоверност. Най-много зърна в клас са се образували в Огняново (32), а най-малко в Раднево (20.2), останалите пунктове заемат междинно положение (26,6-28,6). Най-слабо е влиянието на пункта при БПБ, като пункт Селановци се различава по средна стойност от останалите (584), които са показали сходни резултати – около 680 класа/м<sup>2</sup>.

Анализът по аналогия спрямо условията на годината (сезона) показва сходни резултати (Таблица 4). Отново признаците ДЗ, БЗК и МХЗ показват достатъчно вариране (2-3 групи), докато при БПБ разликите са несъществени. По отношение на добива зърно сезоните са много контрастни особено през 2007 година в сравнение с останалите години. Това обаче се е отразило най-силно на признака МХЗ и по-слабо на БЗК.

Таблица 4. Обобщени статистически данни за признаците чрез множествено сравнение на сезоните  
Table4. Summary statistics for traits and Multiple pairwise comparisons by the Dunn's procedure of years

| Year | ДЗ, GY      |                           | БЗК, NKS    |                           | БПБ, NTP    |                           | МХЗ, TGW    |                           |
|------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|
|      | Средно Mean | Достоверност Significance | Средно Mean | Достоверност Significance | Средно Mean | Достоверност Significance | Средно Mean | Достоверност Significance |
| 2006 | 7.675       | b                         | 26.42       | ab                        | 666         | a                         | 41.1        | b                         |
| 2007 | 4.929       | a                         | 27.32       | b                         | 651         | a                         | 36.8        | a                         |
| 2008 | 7.893       | b                         | 25.51       | a                         | 659         | a                         | 40.9        | b                         |

\* a е най-ниската средна стойност, a is the lower mean; \*\* d – е най-високата средна стойност, d is the highest mean

Прави впечатление най-високата стойност на признака БЗК (27.3), именно през стресовата 2007 година, докато другите признаци имат най-ниските стойности (отбелязани с „a“). Това се потвърждава напълно при друго изследване на добива и качеството на зърното на 65 перспективни селекционни линии пшеница през същата 2007 година (Tsenov et al. 2014), в което в условията на суша значението на признака БЗК е най-значимо, най-непроменлив се оказва признакът МХЗ, а най-силно се редуцира при суша БПБ.

Установихме различна степен на вариране при всички изследвани признаци, причинени от изследваните фактори на средата. Повлияното от факторите вариране обаче е сложно и трябва да се установи неговата природа. Това е направено с помощта на принципен компонентен анализ (Таблица 5). По принцип, колкото факторите, на които може да бъде различено варирането са повече от 2 (PC 1 и PC2), толкова влиянието върху даден признак е нелинейно. Това означава, че при положителна промяна на условията за формиране на признак част от сортовете не реагират положително или променят своите стойности в обратна на условията посока. Това създава най-голямата трудност при оценка ценността на отделния генотип на фона на групата от изследвани сортове. Това е причината,

Таблица 5. Принципен компонентен анализ на основните признаци  
Table 5. Principal Component Analysis for the main traits

| Параметър, Parameter            | PC1    | PC2    | PC3    |
|---------------------------------|--------|--------|--------|
| ДЗ, GY                          |        |        |        |
| Eigenvalue                      | 2,807  | 0,809  | 0,498  |
| Вариране, Variability (%)       | 50,164 | 24,228 | 20,951 |
| Сума на варирането Cumulative % | 50,164 | 74,392 | 95,344 |
| БЗК, NKS                        |        |        |        |
| Eigenvalue                      | 2,321  | 0,892  | 0,438  |
| Вариране, Variability (%)       | 58,030 | 22,310 | 10,961 |
| Сума на варирането Cumulative % | 58,030 | 80,340 | 91,301 |
| БПБ, NPT                        |        |        |        |
| Eigenvalue                      | 1,343  | 1,102  | 0,802  |
| Вариране, Variability (%)       | 33,580 | 27,562 | 20,058 |
| Сума на варирането Cumulative % | 33,580 | 61,141 | 81,199 |
| МХЗ, TGW                        |        |        |        |
| Eigenvalue                      | 2,344  | 0,859  | 0,557  |
| Вариране, Variability (%)       | 58,603 | 21,468 | 13,930 |
| Сума на варирането Cumulative % | 58,603 | 80,072 | 94,002 |

когато се прави подобно изследване, броят на сортовете да е задължително над 20, а останалите фактори година и пункт да са поне на три (3) нива. В нашия експеримент тези елементарни изисквания са спазени. Взаимодействието на факторите (в нашия случай: пункт и генотип) влияят по различен начин на стойностите и варирането на отделните признаци. ДЗ и БПБ показват силно нелинейно взаимодействие, което е видно от високите им стойности на PC3 от около 20 %. Особено силна е степента на нелинейност при признака БПБ, при който стойностите на трите параметъра са много близки (33.5; 22.31 и 20.1). Подобно, но не толкова категорично е взаимодействието при ДЗ, при който сумата от стойностите на PC3 + PC2 е почти колкото стойността на PC1 (50.16).

При другите два признака нелинейността на ефектите върху тях са значително по-слаби – от порядъка на 10-13 % от варирането. Това показва, че като цяло посоката на промяна на техните стойности е в посока на промяна на условията на средата (благоприятни или неблагоприятни). Този тип на взаимодействие е по-лесен за анализ, с уговорката, че все пак малка част (до 10 %) от изследваните сортове все пак проявят „нелинейно” поведение. Това са сортовете Гей 1 и Кристал (ДЗ); Петя и Енола (БПБ); Катя и Боряна (МХЗ) и Лилия и Карат (БЗК). Данните за реакцията на всеки един сорт ще бъдат предоставени във второ съобщение на това изследване. Признакът БЗК, който има силно влияние върху добива и в това отношение ни интересува най-много, показва като цяло линейно поведение в променящите се условия на средата.



## ОБСЪЖДАНЕ

За да предприемам правилен анализ за влияние на признаците на продуктивността върху добива зърно, трябва да сме на ясно за корелациите между тях. Когато базата от данни е голяма, като нашата ( $n=648$ ) корелациите имат ниски стойности (Таблица 6). Всички признаци, които се проучват имат достоверна корелация с добива зърно, с изключение на МХЗ. Най-силна е зависимостта на ДЗ от признаците БЗ/м<sup>2</sup> ( $r=0.207^*$ ) и ТЗК ( $r=0.163$ ). Тъй като те са резултативни някои автори ги наричат параметри (Slafer et al. 2014), а ние ще ги обозначим като „признак-параметър“, за да можем да ги различаваме при обсъждането, тъй като считаме, че са признаци, макар и резултативни.

Таблица 6. Корелации (Pearson) между добива зърно и основните му компоненти  
Table 6. Pearson Correlations between GY and components of productivity

| Variables                               | ДЗ, GY*            | БПБ/м <sup>2</sup> , NPT/m <sup>2</sup> | МХЗ, TGW           | БЗК, NKS           | ТЗК, WGS           |
|---|--------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| БПБ/м <sup>2</sup> , NPT/m <sup>2</sup> | <b>0.136</b>       |   |                    |                    |                    |
| <i>p-value</i>                          | <i>0.0005</i>      |   |                    |                    |                    |
| МХЗ, TGW                                | 0.003              | -0.077                                  |                    |                    |                    |
| <i>p-value</i>                          | <i>0.9376</i>      | <i>0.0508</i>                           |                    |                    |                    |
| БЗК, NGS                                | <b>0.144</b>       | <b>-0.215</b>                           | <b>-0.296</b>      |                    |                    |
| <i>p-value</i>                          | <i>0.0002</i>      | <i>0.0000</i>                           | <i>0.0000</i>      |                    |                    |
| ТЗК, WGS                                | <b>0.163</b>       | <b>-0.276</b>                           | <b>0.231</b>       | <b>0.848</b>       |                    |
| <i>p-value</i>                          | <i>0.0000</i>      | <i>0.0000</i>                           | <i>0.0000</i>      | <i>0.0000</i>      |                    |
| БЗ/м <sup>2</sup> , NG/m <sup>2</sup>   | <b>0.207</b>       | <b>0.248</b>                            | <b>-0.348</b>      | <b>0.883</b>       | <b>0.693</b>       |
| <i>p-value</i>                          | <i>&lt; 0.0001</i> | <i>&lt; 0.0001</i>                      | <i>&lt; 0.0001</i> | <i>&lt; 0.0001</i> | <i>&lt; 0.0001</i> |

\* Добив Зърно (ДЗ), Grain Yield (GY); Брой на продуктивните брѝя на м<sup>2</sup> (БПБ/м<sup>2</sup>), Number of productive tillers per m<sup>2</sup> (NPT/m<sup>2</sup>); Маса на 1000 Зърна (МХЗ), Thousand Grain Weight (TGW); Брой Зърна в Клас (БЗК), Number of grains per spike (NGS); Тегло на Зърното в Клас (ТЗК), Weight of grains per spike (WGS); Брой на Зърната на м<sup>2</sup> (БЗ/м<sup>2</sup>), Number of Grains per m<sup>2</sup> (NG/m<sup>2</sup>)

За поставената от нас цел важни са основните признаци, а не признаците – параметри. Във връзка с това два от трите основни признака имат положително влияние върху ДЗ: БПБ ( $r=0.136^*$ ) и БЗК ( $r=0.144^*$ ). Това е достатъчно основание за нас, да търсим начини за обяснение на варирането на ДЗ чрез варирането на всеки от тях. Трите признака имат негативни корелации между тях, както следва: БПБ-МХЗ ( $r=-0.077$  ns); БЗК-МХЗ ( $r=-0.296^*$ ), и особено между тях – БПБ-БЗК ( $r=-0.215^*$ ). Тези данни показват недвусмислено, че компромиси между тях е трудно да бъдат направени, но е възможно да бъде обяснено поведението им в чист вид, спрямо добива зърно.

Сортовете, участващи в изследването не са подбрани по критерии, имащи някаква връзка с компонентите на продуктивността. Напротив всички те са признати и районираны главно поради високия добив зърно, който са показали при сортоизпитването им. Как да изясним на какво се дължи високия добив на фона на три основни признака и два признака – параметри, които се използват масово в подобни изследвания. Най-лесно и ефективно е да оформим две групи, според реалния добив в изследваната схема. За тази цел оформихме две групи от сортове, чийто добив зърно е достоверно различен. Всяка група се състои от по 5 сорта, както следва: група високопродуктивни – Тодора, Аглика, Гея 1, Карат и Кристал и група на ниско продуктивни – Здравко, Лилия, Милена, Момчил и Албена.

Таблица 7. Корелации (Pearson) между добива зърно и основните му компоненти при сортове с достоверна разлика в продуктивността

Table 7. Pearson's correlations between grain yield and its main components in varieties with significant differences in productivity

| Групи от сортове,<br>Groups of varieties                 | Признак, Trait                          | БПБ/м <sup>2</sup> ,<br>NPT/m <sup>2</sup> | МХЗ, TGW | БЗК, NGS      |
|--|---|--|----------|---------------|
| Всички, all varieties                                    | ДЗ, GY                                  | <b>0.198</b>                               | 0.022    | <b>0.252</b>  |
|  | БПБ/м <sup>2</sup> , NPT/m <sup>2</sup> |  |          | <b>-0.209</b> |
|  | МХЗ, TGW                                |  |          | <b>-0.239</b> |
| Сортове с най-висок ДЗ,<br>Cultivars with the highest GY | ДЗ, GY                                  | <b>0.213</b>                               | -0.107   | <b>0.263</b>  |
|  | БПБ/м <sup>2</sup> , NPT/m <sup>2</sup> |  |          | <b>-0.592</b> |
|  | МХЗ, TGW                                |  |          | <b>-0.580</b> |
| Сортове с най-нисък ДЗ<br>Cultivars with the lowest GY   | GY                                      | <b>0.161</b>                               | -0.041   | <b>0.231</b>  |
|  | БПБ/м <sup>2</sup> , NPT/m <sup>2</sup> |  |          | -0.092        |
|  | МХЗ, TGW                                |  |          | -0.155        |

Стойностите в удебелен шрифт са значително по-различни от 0 с алфа ниво на значимост = 0.1  
Values in bold are significantly different from 0 with a significance level alpha=0.1

Изчислихме корелациите между основните признаци на двете групи и ги сравнихме с тези от цялата група на 27-те (Таблица 7). Добивът зърно в най-продуктивните генотипове е в резултат на добро компромисно съчетание между БЗК и БПБ, като последният има най-силен пряк ефект. При групата на най-ниско продуктивните пшеници отново имаме удачно компромисно съчетание, но водеща е ролята на БЗК, подобно на корелациите за цялата група генотипове. Изключително важно е да се отбележи, че степента на влияние на БЗК остава много постоянна, независимо от реалното ниво на ДЗ. Съществени различия се наблюдават в негативните корелации между БЗК и другите основни – БПБ и МХЗ. При цялата група сортове негативните корелации съществуват, но не са достоверни. Колкото добивът зърно става по-висок, толкова негативните корелации между БЗК със споменатите признаци стават все по-негативно силни  $r=-0.592^{**}$  (БПБ) и  $r=-0.580^{**}$  (МХЗ), при  $r=-0.209^{*}$  (БПБ) и  $r=-0.239^{*}$  (МХЗ), за групата от ниско добивни сортове. Тук се налага изводът, че добива зърно се определя предимно от нивото на БЗК, а неговото повишаване става трудно поради силната негативната корелация с БПБ, която е сериозна пречка за селекцията. Следователно, трябва да се търси компромисно съчетание между признаците БПБ и БЗК, чиито нива трябва да не са много високи, сами по себе си. При настоящата генетика на родните сортове пшеница добив от около 7,0 т/ха (реално в производството) се получава при съчетание между около 28 зърна в клас и продуктивна братимост от около 620 класа/м<sup>2</sup>, като МЗХ варира в много тесни граници от 1-2 гр. (Таблица 3). Най-продуктивните сортове в момента имат съчетание между тези признаци, което и осигурява тази съществена разлика в добива зърно от над 10 %, както следва: БПБ около 700-720/м<sup>2</sup> и БЗК от около 29-31 зърна. Именно това трябва да се преследва в бъдеще като цел в селекцията, като параметрите на МХЗ трябва да се запазят на сегашното ниво.

В изследване с подобна на нашата цел Slafer et al. (2014) изказват хипотеза, че признак (параметър) като броя на зърната от м<sup>2</sup> (БЗ/м<sup>2</sup>) е най-важният признак, чрез който добива зърно би могъл да се повиши чрез

селекция най-ефективно и който е силно свързан с екологичната пластичност на генотипа. Решихме да проверим дали това твърдение е валидно в родните условия, ако анализираме данните от този експеримент. Представените резултати в Таблица 8, в общи линии потвърждават мнението на колегите от Испания. Те подсилват нашата увереност към твърдението, изказано по-горе, че повишаването на добива зърно, чрез селекция, трябва да става с компромисно съчетаване между сравнително висока продуктивна братимост и брой зърна в клас, при запазване на едрината на зърното в границите 42-44 g.

Таблица 8. Корелации (Pearson) между параметъра брой зърна на  $m^2$  и основните му компоненти на добива зърно  
Table 8. Pearson's correlations between the parameter number of grains per  $m^2$  and the main components of grain yield

| Признак, trait          | БЗ/ $m^2$ , NG/ $m^2$ | БПБ/ $m^2$ , NPT/ $m^2$ | МХЗ, TGW      |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| БПБ/ $m^2$ , NPT/ $m^2$ | -0.039                |                         |               |
| МХЗ, TGW                | 0.069                 | -0.053                  |               |
| БЗК, NGS                | <b>0.231</b>          | <b>-0.210</b>           | <b>-0.239</b> |

Стойностите в **удебелен шрифт** са значително по-различни от 0 с алфа ниво на значимост = 0.1;  
Values in **bold** are significantly different from 0 with a significance level  $\alpha=0.05$

Според познанията, които имаме във връзка с взаимовръзките между основните признаци, високият добив зърно трябва да бъде в резултат на леко повишаване на БПБ с до 10-15 % и леко намаляване на броя зърна в клас с приблизително същата степен. Промяната на МХЗ трябва да става в границите на 3-5 %, но не повече, за да се избегне повишаване на негативните корелации с другите признаци. Изследванията в условията на стрес показват, че БПБ е най-силно редуцираният признак, докато МХЗ е най-стабилен, а добивът се изгражда основно върху броя зърна (Dodig et al. 2008, Петрова и Ценов, 2011). При достигнатото ниво на продуктивност трудно се повишава толерантността към стрес (Ценов и кол., 2009а), която вече е актуален проблем у нас, във връзка с глобалната промяна на климата (Казанджиев и кол., 2011). Единственият ефективен път според редица изследвания е повишаване на продуктивната братимост (Ценов и кол., 2012; Dodig et al., 2009), който засилва своето пряко влияние върху ДЗ с повишаване на степента на засушаване, но при относително запазване нивото на другите основни признаци. Подобна теза е вече изказана в публикацията на Ценов и кол., (2009b), в която се забелязва регрес по отношение на признака брой продуктивни братя, следствие на системното повишаване на БЗК и на МХЗ, през последните 20-на години селекция и това се отчета като слабост.

## ИЗВОДИ

В различни почвено климатични условия на изследване, добивът зърно и основните негови компоненти, показват силно взаимодействие с факторите пункт и генотип. Взаимодействието на признаците с условията на средата имат подчертано нелинеен характер, с изключение на признака брой зърна в клас. Признакът брой зърна в клас при всички възможни

условия на изведените опити определя в най-силна степен нивото на добива зърно при всички сортове. Най-високият добив зърно в конкретната опитна обстановка се дължи на съчетание между признаците БПБ и БЗК, докато едрината на зърното няма съществено влияние. Съществуващите корелативни връзки между добива зърно и основните негови елементи, сочат че той би могъл да бъде повишен главно чрез компромисно съчетание между признаците БПБ и БЗК, при запазване на съществуващото ниво на МХЗ.

## ЛИТЕРАТУРА

- Казанджиев, В., В. Георгиева, Д. Жолева, Н. Ценов, Е. Руменина, Л. Филчев, П. Димитров, Г. Желев, 2011.** Изменения и колебания на климата и условията за производство на зимна пшеница в област Добрич FCS 7(2): 195-220.
- Петрова, Т., Н. Ценов, 2011.** Ефект на сушата върху стабилността на продуктивността при сортове зимна обикновена пшеница. Селско-стопанска наука 43(1): 59-63.
- Ценов, Н., Т. Петрова, Е. Ценова, 2009а.** Селекция за повишаването на толерантността към абиотичен стрес при зимната обикновена пшеница. Изследвания върху полските култури 5(1):59-69.
- Ценов, Н., К. Костов, Ив. Тодоров, Ив. Панайотов, Ив. Стоева, Д. Атанасова, И. Манковски, П. Чамурлийски, 2009б.** Проблеми, постижения и перспективи в селекцията на продуктивност при зимната пшеница Изследвания върху полските култури, 5(2):261-273.
- Ценов, Н., А. Иванова, Д. Атанасова, В. Дочев, 2012.** Оценка на продуктивността на зимна пшеница при суша чрез използване на различни индекси за оценка на толерантността към стрес Изследвания върху полските култури 8(2): 65-74.
- Acuna, T. A, G. Dean, P. Riffkin, 2011.** Constraints to achieving high potential yield of wheat in a temperate, high-rainfall environment in south-eastern Australia, Crop & Pasture Science, 62: 125-136.
- Aminzadeh, G. R., 2010.** Evaluation of seed yield stability of wheat advanced genotypes in Ardabil, Iran, Research Journal of Environmental Science, 4 (5): 478-482.
- Anderson, W. K., A. J. van Burgel, D. L. Sharma, B. J. Shakeley, C. M. Zaicou-Kunesch, M. S. Miyan, M. Amjad, 2011.** Assessing specific agronomic response of wheat cultivars in a winter rainfall environment Crop & Pasture Science 62: 115-124.
- Annicciarico, P. 2002.** Genotype x environment interaction-challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations, FAO plant production and protection, paper 174, pp 145.
- Araïn, M. A., M. A. Sial, M. A. Rajput, A. A. Mirbahar, 2011.** Yield stability in bread wheat genotypes. Pakistan J Botany 43: 2071-274.
- Bancal, P., 2008.** Positive contribution of stem growth to grain number per spike in wheat. Field Crop Research. 105: 27-39.
- Bustos, D., A. K. Hasan, M. Reynolds, D. F. Calderini, 2013.** Combining high grain number and weight through a DH-population to improve grain yield potential of wheat in high-yielding environments. Field Crop Research 145: 106-113.

- Chamurliyski, P., N. Tsenov, 2013.** Stability of grain yield in modern Bulgarian winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) in Dobrudzha, Agricultural Science and Technology 5(1):16-21.
- Chapman S.C. 2008.** Use of crop models to understand genotype by environment interactions for drought in real world and simulated plant breeding trials, Euphytica, 164: 195-208.
- De Vita, P., A. M. Mastrangelo, L. Matteu, E. Mazzucotelli, N. Virzi, M. Palumbo, M. Lo Storto, F. Rizza, L. Cattivelli, 2010.** Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy. Field Crop Research 119: 68-77.
- Dodig, D., M. Zoric, D. Knezevic, S. R. King, G. Sultan-Momirovic, 2008.** Genotype x environment interaction for wheat yield in different drought stress conditions and agronomic traits suitable for selection. Australian Journal of Agricultural Research 59: 536-545.
- Dreccer, M. F., A. F. Van Herwaargen, S. C. Chapman, 2009.** Grain number and weight in wheat lines contrasting for stem water-soluble carbohydrate concentration. Field Crop Research 112: 43-54.
- Eid, M. H., 2009.** Estimation of heritability and genetic advance of yield traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought conditions. Inter. J. Genet. & Mol. Biology 1: 115-120.
- Ferney, H., G. A. Morgunov, A. Aigul, 2006.** Evaluation of grain stability, reliability and cultivar recommendations in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) from Kazakhstan and Siberia, Journal of European Agriculture 7: 649-660.
- Gaju, O., M. Reynolds, D. L. Sparkes, M. J. Foulkes, 2009.** Relationships between large-spike phenotype, grain number, and yield potential in spring wheat, Crop Science 49: 961-973.
- Hagos, H. G., F. Abay, 2013.** AMMI and GGE Biplot analysis of bread wheat genotypes in the Northern part of Ethiopia. J. Plant Breed. Genet. 1: 12-18.
- Ivanova A., N. Tsenov, 2011.** Winter wheat productivity under favorable and drought environments I. An overall effect, Bulg. J. Agric. Sci., 17(6): 777-782.
- Mondal, S., R. P. Singh, J. Crossa, J. Huerta-Espino, I. Sharma, R. Chatrath, G. P. Singh, V. S. Sohu, G. S. Mavi, V. S. Sukuru, I. K. Kalappanavar, V. K. Mishra, M. Hussain, N. R. Gautam, J. Uddin, N. C. D. Barma, A. Hakim, A. K. Joshi, 2013.** Earliness in wheat: A key to adaptation under terminal and continual high temperature stress in South Asia. Field Crop Research 151: 19-26.
- Mondal, S., R. P. Singh, J. Crossa, M. Variar, I. Sharma, V. D. Shukla, P. Perraju, A. Mehta, A. R. Pathak, J. L. Dwivedi, S. P. Rath, S. Bhandarkar, B. N. Singh, D. N. Singh, S. Panda, V. C. Mishra, Y. V. Singh, R. Pandya, M. K. Singh, R. B. S. Sanger, J. C. Bhatt, R. K. Sharma, A. Raman, A. Kumar, G. Atlin, 2010.** Implications of genotype x input interactions in breeding superior genotypes for favorable and unfavorable rainfed upland environments, Field Crop Research 118: 135-144.
- Mustatea, P., N. Saulescu, G. Ittu, G. Paunesku, L. Voinea, I. Stere, S. Mirlogeanu, E. Constantinescu, D. Nastase, 2009.** Grain yield and stability of winter wheat cultivars in contrasting weather conditions. Romanian agricultural research 26: 1-8.
- Pacheco, R. M., J. B. Duarte, R. Vencovsky, J. B. Pinheiro, A. B. Oliveira, 2005.** Use of supplementary genotypes in AAMMI analysis, Theo. Appl. Genet 110(5): 812-818.

- Purchase, J. L. 1997.** Parametric analysis to describe genotype x environment interaction and yield stability in winter wheat, (Ph.D. Thesis), University of Free State, Bloemfontein. pp. 155.
- Rane, J., R. K. Pannu, V. S. Sohu, R. S. Saini, B. Mishra, J. Shoran, J. Crossa, M. Vargas, A. K. Joshi, 2007.** Performance of yield and stability of advanced wheat genotypes under heat stress environments of the Indo-Gangetic Plains. *Crop Sci.* 47:1561-1573.
- Sharma, C. S., A. I. Morgounov, H. J. Braun, B. Akin, M. Keser, D. Bedoshvili, A. Bagci, C. Martius, M. van Ginkel, 2010.** Identifying high yielding stable winter wheat genotypes for irrigated environments in Central and West Asia. *Euphytica*, 171: 53-64.
- Slafer, G., A. R. Savin, V. Sandras, 2014.** Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crop Research* 157: 71-83.
- Tadesse, W., Y. Manes, R. P. Singh, T. Payne, H. J. Braun, 2010.** Adaptation and performance of CIMMYT spring wheat genotypes targeted to high rainfall areas of the world, *Crop Science* 50(6): 2240-2248.
- Tsenov, N., T. Gubатов, V. Peeva, 2006.** Study on the genotype x environment interaction in winter wheat varieties II. Grain yield, *Field Crop Studies*, 3(2): 167-175.
- Tsenov, N., D. Atanasova, I. Todorov, V. Dochev, 2008.** Environmental effect on common winter wheat productivity, In: J. Prohens and M. L. Badenes (Eds), "Modern Variety Breeding for Present and Future Needs", Proceedings of the 18th EUCARPIA General Congress, 9-12 September 2008, Valencia, Spain, pp. 480-484.
- Tsenov, N., D. Atanasova, T. Gubатов, 2011a.** Genotype  $\delta$  environment interactions in grain yield of winter bread wheat grown in Bulgaria, In: Veitz, O. (Ed.) "Climate Change: Challenges and opportunities in Agriculture", Proc. AGRISAFE final conference, March 21-23, 2011, Budapest, Hungary, pp. 356-359.
- Tsenov, N., I. Stoeva, T. Gubатов, V. Peeva, 2011b.** Variability and stability of yield and end-use quality of grain of several bread wheat cultivars *Agricultural Science and Technology* 3(2): 81-87.
- Tsenov, N., D. Atanasova, 2013a.** Influence of environments on the amount and stability of grain yield in today's winter wheat cultivars, I. Interaction and degree of variability, *Agricultural Science and Technology* 5:153-159.
- Tsenov, N., T. Petrova, E. Tsenova, 2013b.** Study of opportunities for effective use of varieties from Ukraine for creating early winter wheat lines I. Grain productivity, *Agricultural Science and Technology* 5(4): 351-357.
- Tsenov, N., D. Atanasova, I. Stoeva, E. Tsenova, 2014.** Effects of drought on productivity and grain quality in winter Wheat. *Bulg. J. Agri. Sci.* 20: (*in press*)
- Van Ittersum, M., K. Gassman, P. Grassini, J. Wolf, P. Tittonell, Z. Hochman, 2013.** Yield gap analysis with local to global relevance-A review. *Field Crop Research* 143: 4-17.
- Yagdi, K., 2009.** Path coefficient analysis of some yield components in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) *Pak. J. Botany* 41: 745-751.
- Yan, W., L. A. Hunt, 2002.** Biplot analysis of diallel data, *Crop Science* 42: 21-30.